

Revisão de estudos sobre determinação da idade através de otólitos dos peixes marinhos brasileiros

Mônica Rocha Oliveira¹, Stephen John Hawkins², Clive Trueman³, Maria Emília Yamamoto⁴, Sathyabama Chellappa⁵

1. Departamento de Oceanografia e Limnologia, Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Via Costeira Senador Dinarte Medeiros Mariz, Mãe Luíza – s/Nº, Natal, Rio Grande do Norte, CEP 59.014-002, Brasil. E-mail: monicaufn@yahoo.com.br

2. Ocean and Earth Science, National Oceanography Centre Southampton, Waterfront, UK. E-mail: s.j.hawkins@soton.ac.uk

3. Ocean and Earth Science, National Oceanography Centre Southampton, Waterfront, UK. E-mail: trueman@noc.soton.ac.uk

4. 2Programa de Pós-Graduação em Psicobiologia, Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Av. Salgado Filho, 3000, Lagoa Nova, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil, CEP 59.072-970. E-mail: emiliayamamoto@gmail.com

5. Departamento de Oceanografia e Limnologia, Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Via Costeira Senador Dinarte Medeiros Mariz, Mãe Luíza – s/Nº, Natal, Rio Grande do Norte, CEP 59.014-002, Brasil. E-mail: chellappa.sathyabama63@gmail.com

RESUMO: Neste trabalho foi revisada a idade de 35 espécies de peixes marinhos da região costeira do Brasil. Um total de 42 artigos foi utilizado, sendo os dados categorizados de acordo com a década de publicação, par de otólitos usados para estimar a idade, métodos de validação, causas da formação do anel etário e a idade dos peixes. Os resultados mostram um aumento em número de estudos realizados em relação a idade e crescimento dos peixes marinhos. O par de otólito sagittae foi o mais utilizado para estudos de estimativa de idade. Em geral, as marcas de crescimento nos otólitos foram relacionadas com a atividade reprodutiva dos peixes e a temperatura. Foram encontrados de 1 a 76 anéis (média=16) nos peixes marinhos do Brasil. Podemos concluir com essa revisão que é possível estimar a idade de peixes que habitam ambientes marinhos tropicais através de otólitos. É de fundamental importância para os estudos biológicos básicos que fornecem subsídios para tomadas de medidas na gestão e conservação dos estoques naturais de peixes.

Palavras-chave: anéis de crescimento, crescimento, sagittae, região costeira brasileira, recursos pesqueiros.

Review of studies on age estimation using otoliths of marine fish in Brazil

ABSTRACT: This work reviewed the age estimation of 35 species of marine fish from the Brazilian coastal region. A total of 42 scientific articles were used, and the data were categorized according to the decade when they were published, pair of otoliths used to estimate age, validation of the methods employed, causes of formation of age rings and age of fish. The results showed an increase in the studies of age and growth of marine fish. Sagitta otolith was the most used in aging studies. In general, aging was related to reproductive activity of the fish and temperature. From 1 to 76 rings (mean=16) were encountered in Brazilian marine fish. It could be concluded that it is feasible to utilize otoliths to determine age of fish of coastal tropical environments. It is very important for basic biological studies which could provide information to evaluate the fishery stocks and for conservation of marine fish.

Keywords: age rings, growth, sagittae, brazilian coastal region, fishery resources.

1. Introdução

Diversas informações fundamentais para a administração pesqueira e proteção das espécies podem ser obtidas a partir da análise de otólitos de peixes (BEGG et al., 2005; GREEN et al., 2009). Otólitos (estruturas cristalinas pares que se encontram na cavidade craniana), crescem durante toda a vida dos peixes e atuam como um registro permanente da história de vida (PONTUAL et al., 2002; BEGG et al., 2005). Assim, informações biológicas como longevidade, idade da primeira maturação e taxas de crescimento dos peixes são obtidos a partir de dados da análise de incrementos em otólitos (SPONAUGLE, 2010).

A determinação da idade através da contagem de anéis em otólitos é bem conhecida para peixes de regiões temperadas (RICKER, 1975), onde flutuações ambientais entre o verão e o inverno são bem nítidas. Nas regiões tropicais não foi possível estimar a idade dos peixes de forma confiável através da análise de otólitos (PANELLA, 1980; MUNRO, 1983; LONGHURST; PAULY, 1987). Mais tarde, muitos trabalhos utilizaram a

metodologia da contagem dos anéis em otólitos e determinaram a idade dos peixes em ambiente tropicais (FOWLER, 1990; CALDOW; WELLINGTON, 2003; GRANDCOURT et al., 2006; LIN; TZENG, 2009; SHAMSAN; ANSARI, 2010). Nas últimas décadas, várias pesquisas têm demonstrado variações climáticas sazonais nos ambientes tropicais. Sendo assim, foi possível a determinação de idade através de otólitos dos peixes que habitam estas regiões (MORALES-NIN; PANFILI, 2005).

A atividade pesqueira no mundo vem sofrendo devido à pesca não regulamentada que causa a diminuição dos estoques naturais de peixes, prejudicando a sustentabilidade da pesca mundial (PITCHER; HART, 1982; GREEN et al., 2009). A pesca marítima do Brasil também vem enfrentando uma crise de sobrepesca que resulta na diminuição dos recursos pesqueiros (DIAS-NETO, 2010; OLIVEIRA et al., 2013). Com a situação de sobrepesca em ambientes tropicais criou um interesse crescente dos estudos biológicos sobre os estoques naturais de peixes.

O número das pesquisas biológicas vem aumentando que fornecem subsídios para o manejo e gestão pesqueira (MURUA et al., 2003; MORALES-NIN; PANFILI, 2005). Diante dessa situação, tem havido uma preocupação no Brasil sobre o uso da idade e crescimento dos peixes para avaliar os estoques pesqueiros.

Considerando a importância da estimação da idade de peixes tropicais para a gestão pesqueira dos estoques naturais que estão ameaçados, o objetivo desta revisão é mostrar a utilização de otólitos na determinação da idade em peixes marinhos tropicais, respondendo as seguintes questões: Quais são os otólitos indicados para contagem de anéis em peixes marinhos tropicais? Quais são os métodos utilizados para determinar a período de formação dos anéis de crescimento? Quais são as causas da formação de marcas de crescimento dos peixes marinhos?

2. Métodos

O levantamento das informações sobre a determinação de idade de peixes marinhos do Brasil através de otólitos foi obtido por meio de pesquisa com metodologia investigativa de caráter bibliográfico. A pesquisa bibliográfica permitiu a compilação de 42 artigos publicados durante o período de 1951 a 2014. Estes trabalhos englobaram 35 espécies de peixes marinhos distribuídos ao longo do litoral brasileiro. Os dados foram categorizados de acordo com a década de publicação, par de otólitos usados para estimar a idade, métodos de validação, causas da formação do anel etário e a idade dos peixes.

3. Resultados e Discussão

Décadas das publicações

Os estudos de idade e crescimento de peixes marinhos no Brasil revisados apresenta seu início a partir da década de 50 com o trabalho sobre a espécie *Macrodon ancylodon* na costa sul do Brasil (LARA, 1951). A pesquisa sobre os recursos pesqueiros no Brasil vem sendo realizada desde a década de 50 sobre as principais espécies exploradas (CASTELLO; HAIMOVICI, 1991). Nesse período, houve uma preocupação no Brasil sobre o uso da idade e estudos de crescimento para avaliar os estoques pesqueiros. Na década de 70 foi observada a necessidade de medidas adequadas de ordenamento do setor pesqueiro, visando à utilização racional dos recursos que o Brasil possuía, não importando se eles fossem imensos ou escassos (VAZZOLLER, 1975). A partir desse momento foram desenvolvidas pesquisas sobre a idade e crescimento dos peixes marinhos tropicais, uma vez que a estimação da idade dos peixes é fundamental para uma gestão eficaz, além de ser usado para estimar os dados de idade de crescimento são usados regularmente para avaliar peixe dinâmico populacional (crescimento, mortalidade e recrutamento)

e estoque (ISELY; GRABOWSKI, 2007). Das 42 publicações revisadas, na década de 2000 verificou-se maior número de estudos de idade e crescimento de peixes marinhos do Brasil (50%) (Figura 1). Esse aumento do número destes estudos é possivelmente devido ao fato das prospecções realizadas pelo Programa REVIZEE do Brasil (Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva). O objetivo central do REVIZEE foi inventariar os recursos vivos da ZEE brasileira (Norte, Nordeste, Central e Sudeste-Sul), suas distribuições, abundância, dinâmica, potenciais sustentáveis e perspectivas de exploração, tem procurado suprir lacunas, garantir a obtenção, a sistematização e a divulgação das informações necessárias ao ordenamento das pescarias nacionais (CERGOLE et al., 2005). Durante o qual foram realizados vários trabalhos sobre a idade dos peixes utilizando otólitos (LESSA et al., 2004).

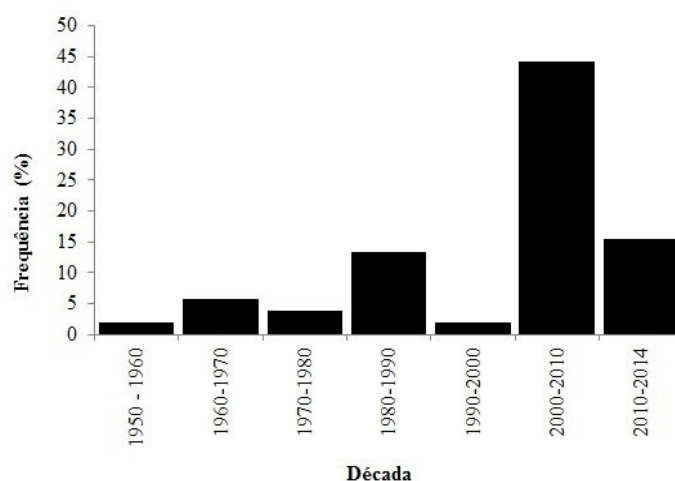


Figura 1. Frequência de publicações de artigos do Brasil sobre a estimação de idade de peixes marinhos durante 1950 a 2014.

Otolitos para estimar a idade de peixes marinhos brasileiros

Otolitos são estruturas cristalinas pares localizadas no ouvido interno de todos os peixes ósseos, utilizados para recepção do som, manutenção do equilíbrio e processamento de sinais direcionais (POPPER et al. 2005; POPPER; FAY, 2011; STURROCK et al., 2012). Existem 3 pares de otólitos que são chamados de sagitta, lapilli e asterisci e variam consideravelmente em tamanho. Analisando as publicações observamos que 80% dos estudos utilizaram o otólito sagittae para os estudos de idade e crescimento de peixes marinhos do Atlântico Sul (Figura 2). O estudo da idade das espécies *Netuma barba*, *Genidens genidens* e *Genidens barbatus* foram realizados contando os anéis de crescimento do otólito lappilli (REIS, 1986; OLIVEIRA; NOVELLI, 2005; VELASCO et al., 2007). Os pares de sagittae são mais frequentemente usados para estimar a idade dos peixes teleósteos, uma vez que eles são os maiores e os mais fáceis de extrair entre os três pares (DI BENEDITTO et al., 2001; MONTEIRO et al., 2005; GREEN et al., 2009).

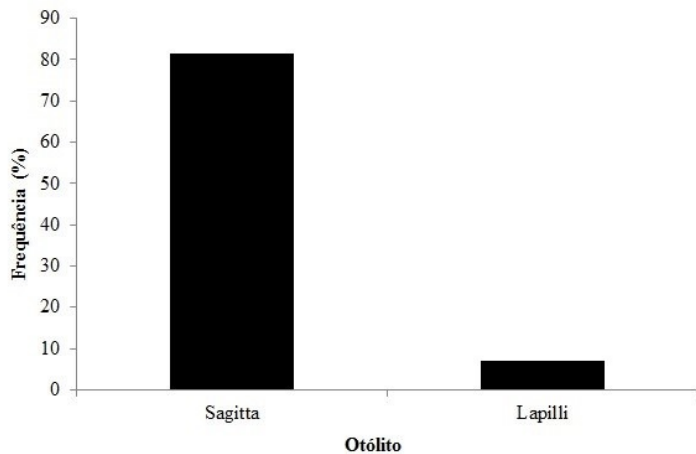


Figura 2. Frequência de publicações analisada por tipo de otólito utilizado na estimativa da idade dos peixes.

Selecionar o par de otólitos mais adequado para estimar a idade, bem como a técnica de preparação é específico da espécie e depende da qualidade de resolução e regularidade dos padrões macro-microestruturais. Para o peixe voador, *Hirundichthys affinis* foram utilizados os três pares de otólitos. As análises registraram que o sagittae foi mais difícil de preparar em juvenis e adultos do que os outros dois otólitos; o asterici não estava presente nas larvas, sendo assim o lapilli foi selecionado como o otólito mais adequado para determinar a idade nessa espécie (OXENFORD et al., 1994). O otólito lapilli de *H. affinis* (Figura 3) apresenta anéis de crescimento úteis para a estimativa da idade dessa espécie.

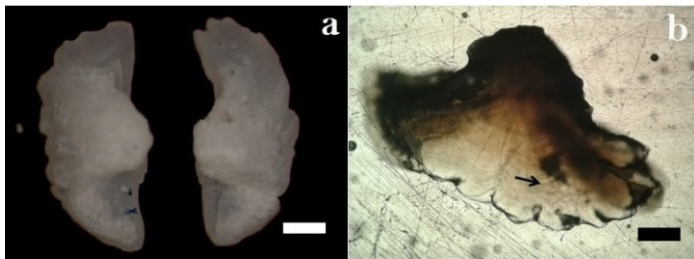


Figura 3. (a) Par de otólito lapilli e (b) otólito lapilli inteiro apresentando marcas de crescimento (seta) do peixe voador *Hirundichthys affinis* capturado em Caiçara do Norte, RN. a: Escala = 250µm e b: Escala = 200µm.

Anéis de crescimento nos otólitos dos peixes marinhos brasileiros

Os estudos sobre idade e crescimento de peixes marinhos tropicais do Atlântico sul mostram que os otólitos apresentam marcas de crescimento que podem ser contadas para determinação da idade desses peixes. Estudos sobre a idade de *Scomberomorus cavalla* na região Nordeste mostra otólitos com anéis translúcidos ao redor do núcleo formados anualmente (NOMURA; RODRIGUES, 1967). Para a espécie *Sardinella brasiliensis* capturadas na região sul e sudeste brasileiro, os otólitos mostram a ocorrência de anéis de crescimento bem definidos, que se constituem em indicadores da idade individual (ROSSI-WONGTSCHOWSKI et al., 1982). Os otólitos de *Umbrina canosai* capturado no sul do Brasil mostra que

as zonas opacas e hialinas são claramente discerníveis mesmo em peixes idosos e sucessivos pares de zonas hialinas e opacas representam anos de vida dessa espécie (HAIMOVICI; REI, 1984). Nos otólitos de *Cynoscion striatus* capturados no sul do Brasil evidenciou-se uma regularidade anual na deposição de uma zona translúcida e uma zona opaca sendo estabelecida a periodicidade anual na formação das zonas de crescimento (VIEIRA; HAIMOVICI, 1993). A idade da donzelinha, *Stegastes fuscus* foi determinada com sucesso utilizando otólitos, onde os autores registraram uma nitidez nos padrões observados e na periodicidade anual das zonas dos otólitos confirmando a viabilidade do uso de otólitos para peixes tropicais (SCHWAMBORN; FERREIRA, 2002). O estudo com o *Lopholatilus villarii* da região central do Brasil mostra que os otólitos revelaram um padrão facilmente reconhecível de zonas opacas e translúcidas alternadas sugerindo que as zonas translúcidas são formadas ao longo do ciclo anual (DAVID et al., 2005). Para *Mugiliza* capturada no sul-sudeste brasileiro os anéis opacos e translúcidos são formados anualmente sendo possível estimativa da idade dessa espécie de peixe (GARBIN et al., 2014). O otólito *H. affinis* apresentou zonas de crescimento hialinas e opacas (Figura 4). A contagem de incrementos anuais em otólitos de peixes recifais tropicais tem sido utilizada como indicadores exatos e precisos de idade (FOWLER et al., 1995; CAPPO et al., 2000; MEEKAN et al., 1999, 2001). A contagem de anéis de crescimento para 40 espécies de peixes marinhos nos artigos revisados mostra que a idade variou de 1 a 76 anos. Foi registrada a idade máxima de 76 anos para os machos de *Polyprion americanus* (PERES; HAIMOVICI, 2004).

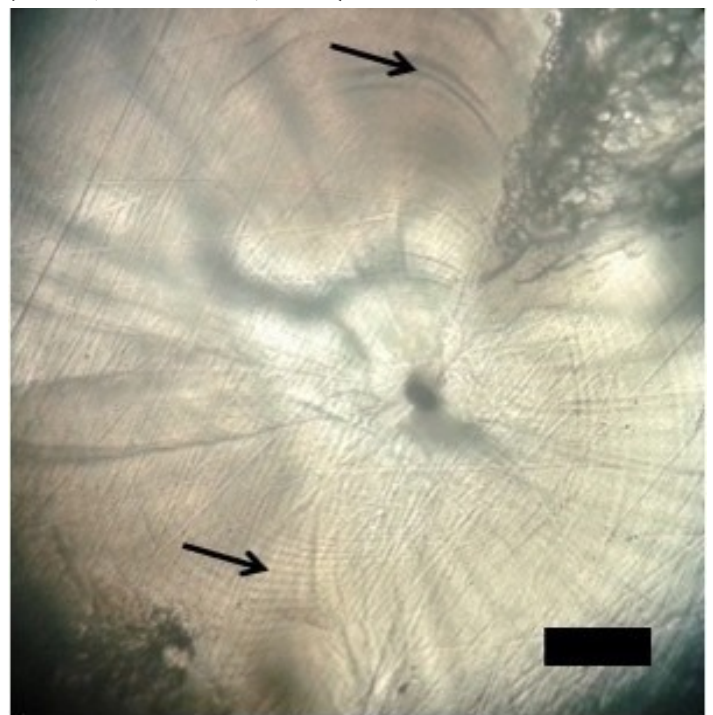


Figura 4. Otólito lapilli de *Hirundichthys affinis* na primeira fase do processamento apresentando o aparecimento de zonas translúcidas e opacas ao redor da região central do otólito (setas). Escala = 5000µm.

otólitos (MORALES-NIN; PANFILI, 2005). Foi observado para a enchova, *Pomatomus saltatrix* capturada na região costeira sul do Brasil que a marcação dos anéis ocorre no inverno e pode ser associada a queda da temperatura e ao desgaste energético com a migração e à reduzida atividade alimentar. A visualização dos anéis no início do verão ocorre em função da retomada do crescimento após desova (KRUG; HAIMOVICI, 1989).

Estimação de Idades dos peixes

A Tabela 1 mostra as espécies de peixes marinhos que foram utilizadas para estimar a idade, o par de

otólito utilizado para contagem de anéis de crescimento, a região em que os exemplares foram capturados e a idade estimada dos peixes marinhos dos artigos revisados. Alguns autores estimaram a idade dos juvenis que foram considerados incrementos diários. A maioria dos autores estimaram as idades com a contagem de incrementos anuais. Alguns autores consideraram indivíduos com 0 anos de idades, onde não havia o aparecimento de anéis anuais e outros houve o aparecimento de no mínimo um anel de crescimento anual. Na Tabela 1 foi descrita a idade máxima estimada para machos e fêmeas das espécies revisadas.

Tabela 1. Espécies de peixes, otólito utilizado para contagem dos anéis de crescimento, o local da captura dos exemplares de peixes e a idade estimada dos peixes marinhos revisados.

Espécie de peixes	Otolito	Região de captura	Idade estimada (anos)		Autor
			Machos	Fêmeas	
Pescada, <i>Macrodon ancylodon</i>	Sagittae	Sul	8	9	LARA, 1951
Pescada, <i>Macrodon ancylodon</i>	Sagittae	Sul	8	9	YAMAGUTI; SANTOS, 1965
Pescada, <i>Cynoscion leiardus</i>	Sagittae	Nordeste	4	6	NOMURA, 1966 NOMURA; RODRIGUES, 1967
Cavala, <i>Scomberomus cavalla</i>	Sagittae	Nordeste	9	12	ALEGRÍA; MENEZES, 1970
Ariacó, <i>Lutjanus synagris</i>	Sagittae	Nordeste	6	6	XIMENES et al., 1978
Cavala, <i>Scomberomus cavalla</i>	Sagittae	Nordeste	6	6	XIMENES, 1981
Serra, <i>Scomberomus maculatus</i>	Sagittae	Nordeste	5	6	ROSSI-WONGTSCHOWSKI et al., 1982
Sardinha, <i>Sardinella brasiliensis</i>	Sagittae	Sudeste	7	7	VAZZOLER et al., 1982
Sardinha, <i>Sardinella brasiliensis</i>	Sagittae	Sudeste	7	7	HAIMOVICI; REIS, 1984
Castanha, <i>Umbrina canosai</i>	Sagittae	Sul	22	22	REIS, 1986
Sea catfish, <i>Netuma barba</i>	Lapilli	Sul	36	36	SACCARDO et al., 1988
Sardinha, <i>Sardinella brasiliensis</i>	Sagittae	Sudeste	7	7	KRUG; HAIMOVICI, 1989
Enchova, <i>Pomatomus saltatrix</i>	Sagittae	Sul	5	5	VIEIRA; HAIMOVICI, 1993
Pescada olhuda, <i>Cynoscion striatus</i>	Sagittae	Sul	13	15	ARAÚJO; HAIMOVICI, 2000
Linguado branco, <i>Paralichthys patagonicus</i>	Sagittae	Sul	11	13	MARTINS; HAIMOVICI, 2000
Abrótea, <i>Urophycis cirrata</i>	Sagittae	Sul	7	14	SCHWAMBORN; FERREIRA, 2002
Donzelinha, <i>Stegastes fuscus</i>	Sagittae	Nordeste	15	15	ANDRADE et al., 2004
Abrótea, <i>Urophycis brasiliensis</i>	Sagittae	Sudeste e Sul	11	16	BELLUCCO et al., 2004
Maralucos <i>stehmani</i>	Sagittae	Sudeste e Sul	220 dias	220 dias	DIEDHIOU et al., 2004
Guaiúba, <i>Lutjanus chrysurus</i>	Sagittae	Nordeste	17	17	REZENDE; FERREIRA, 2004
Dentão, <i>Lutjanus jocu</i>	Sagittae	Nordeste	25	25	DAVID et al., 2005
Batata, <i>Lopholatilus villari</i>	Sagittae	Central	47	43	PERES; HAIMOVICI, 2004
Cherne-poveiro, <i>Polyprion americanus</i>	Sagittae	Sul	76	62	LEITE Jr et al., 2005
Catuá, <i>Cephalopholis fulva</i>	Sagittae	Central leste	19	19	LEITE Jr et al., 2005
Cioba, <i>Ocyurus chrysurus</i>	Sagittae	Central leste	19	19	LEITE Jr et al., 2005
Realito, <i>Rhomboplites aurorubens</i>	Sagittae	Central leste	12	12	LEITE Jr et al., 2005
Ariacó, <i>Lutjanus synagris</i>	Sagittae	Central leste	17	17	LEITE Jr et al., 2005
Bagre, <i>Genidens genidens</i>	Lapilli	Sudeste do Brasil	5	5	OLIVEIRA; NOVELLI, 2005
Saramunete, <i>Pseudupeneus maculatus</i>	Sagittae	Nordeste	5	5	SANTANA et al., 2006
Biquara, <i>Haemulon plumieri</i>	Sagittae	Central	25	29	ARAÚJO; MARTINS, 2007
Pescada olhuda, <i>Cynoscion guatucupa</i>	Sagittae	Sul	18	18	MIRANDA; HAIMOVICI, 2007
Merluza, <i>Merluccius hubbsi</i>	Sagittae	Sudeste e Sul	6	6	VAZ-DOS-SANTOS; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, 2007
Sardinha, <i>Opisthonema oglinum</i>	Sagittae	Nordeste	62 dias	62 dias	LESSA et al., 2008
Corvina, <i>Micropogonias furneiri</i>	Sagittae	Laboratório	29 dias	29 dias	ALBUQUERQUE et al., 2009
Cavala, <i>Scomberomus cavalla</i>	Sagittae	Nordeste	15	15	NÓBREGA; LESSA, 2009a
Serra, <i>Scomberomus brasiliensis</i>	Sagittae	Nordeste do	8	8	NÓBREGA; LESSA, 2009b
Tainha, <i>Mugil curema</i>	Sagittae	Nordeste	11	11	SANTANA et al., 2009
Pescadinha amrela, <i>Macrodon atricauda</i>	Sagittae	Sul	7	7	CARDOSO; HAIMOVICI (2011),
Cherne, <i>Epinephelus niveatus</i>	Sagittae	Central-Sudeste	58	58	COSTA et al., 2011
Dentão, <i>Lutjanus jocu</i>	Sagittae	Nordeste	29	29	PREVIERO et al., 2011
Garupa-verdadeira, <i>Mycteroperca marginata</i>	Sagittae	Sul	12	12	SEYBOTH et al., 2011
Tainha, <i>Mugil liza</i>	Sagittae	Sul-Sudeste	11	11	GARBIN et al., 2014

4. Conclusão

Na história da ciência pesqueira muitos autores questionaram a utilização de otólitos para determinar a idade de peixes tropicais (LONGHURST; PAULY, 1987). Contudo, os estudos revisados nesse trabalho sobre determinação de idade de peixes marinhos brasileiros mostram que a utilização de otólitos cada vez mais tem sido incorporada nas pesquisas biológicas de peixes tropicais, aumentando de 11 espécies até 1999, para 29 espécies, no período de 2000 até 2014. É preciso mencionar que o principal ponto fraco refere-se à validação da idade estimada, uma vez que pode haver erros na determinação exata da idade (CAMPANA, 2001). Vários fatores influenciam na formação e no crescimento dos incrementos dos otólitos e sua formação depende da espécie e dos fatores em que os indivíduos estão associados, como variação de temperatura anual (MORALES-NIN; PANFILI, 2005). Podemos concluir com essa revisão que é possível o uso de otólitos em estudos de estimativa de idade de peixes que habitam ambientes tropicais sendo de fundamental importância para os estudos biológicos básicos que são subsídios para tomadas de medidas na gestão e proteção dos estoques naturais de peixes.

5. Agradecimentos

Este estudo foi apoiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Brasil (CNPq), sob a forma de bolsas de pesquisa e de produtividade e pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida durante o Doutorado Sanduíche. Os autores agradecem a técnica Sra Moira MClean e Sr Ming-Tsung Chung pelo apoio prestado durante o processamento de otólitos na University of Southampton, Grã-Bretanha.

6. Referências Bibliográficas

- ALBUQUERQUE, C.Q., MUELBERT, J.H., SAMPAIO, L.A.N. Early developmental aspects and validation of daily growth increments in otoliths of *Micropogonias furnieri* (Pisces, Sciaenidae) larvae reared in laboratory. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 4, n. 3, p. 259-266, 2009.
- ALEGRÍA, J.R.C., MENEZES, M.F. Edad y crecimiento del ariacó, *Lutjanus synagris* (Linnaeus, em el nordeste del Brasil. **Arquivos de Ciência do Mar**, v.10, n.1, p. 65-68, 1970.
- AMARAL, A.C.Z., JABLONSKI, S. Conservação da biodiversidade marinha e costeira no Brasil. **Megadiversidade**, v.1, n.1, p.43-51, 2005.
- ANDRADE, H.A.; DUARTE-PEREIRA, M., ABREU-SILVA, J.L. Idade e crescimento da abrótea (*Urophycis brasiliensis*) capturada no sul do Brasil. **Notas Técnicas Facimar**, v.8, p.107-117, 2004.
- ARAUJO, J.L., HAIMOVICI, M. Determinação de idades e crescimento do linguado branco *Paralichthys patagonicus* (Jordan, 1889) no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v.48, n.1, p.61-70, 2000.
- ARAUJO, J.N., MARTINS, A.S. Age, growth and mortality of white grunt (*Haemulon plumieri*) from the central coast of Brazil. **Scientia Marina**, v.71, n.4, p.793-800, 2007.
- BEGG, G.A., CAMPANA, S.E., FOWLER, A.J., SUTHERS, I.M. Otolith research and application: current directions in innovation and implementation. **Marine and Freshwater Research**, v.56, p.477-483, 2005.
- BELLUCCO, A., HARA, A., ALMEIDA, E.M., ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B. Growth parameters estimates of *Maurollicus stehmanni* Parin & Kobylansky 1996 (Teleostei, Sternoptichidae) from south and southeastern Brazilian waters. **Brazilian Journal of Oceanography**, v.52, n.3/4, p.195-205, 2004.
- BRETT, J.R. **Environmental factors and growth**. p. 599-675. In W.S. Hoar, D.J. Randall, and J.R. Brett [ed.] *Fish physiology*, vol. VIII. Academic Press, New York, 1979.
- BULLOCK, L.H., MURPHY, M.D., GODCHARLES, M.F., MITCHELL, M.E. Age, growth, and reproduction of jewfish, *Epinephelus itajara*, in the eastern Gulf of Mexico. **Fishery Bulletin US**, v.90, p. 243-249, 1992.
- CALDOW, C., WELLINGTON G.M. Patterns of annual increment formation in otoliths of pomacentrids in the tropical western Atlantic: implications for population age-structure examination. **Marine Ecology Progress Series**, v.265, p.185-195, 2003.
- CAMPANA, S. E., NELSON J. D. Microstructure of fish otoliths. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.42, p.1014-1032, 1985.
- CAMPANA, S. E. Review paper: Accuracy, precision and quality control in age determination, including, a review of the use and abuse of age validation methods. **Journal of fish Biology**, v.59, n.2, p.197-242, 2001.
- CAPPO, M., EDEN, P., NEWMAN, S.J., ROBERTSON, S. A new approach to validation of periodicity and timing of opaque zone formation in the otolith of eleven species of *Lutjanus* from the central Great Barrier Reef. **Fishery Bulletin**, v.98, p.474-488, 2000.
- CARDOSO, L.G., HAIMOVICI, M. Age and changes in growth of the king weakfish *Macrodon atricauda* (Günther, 1880) between 1977 and 2009 in southern Brazil. **Fisheries Research**, v.111, p.177-187, 2011.
- CASTELO, J.P., HAIMOVICI, M. Simpósio da FURG sobre pesquisa pesqueira: comentários e recomendações. **Atlântica**, v.13, n.1, p.5-9, 1991.
- CERGOLE, M.C., ÁVILA-DA-SILVA, A.O., ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B. **Análise das principais pescarias comerciais da região Sudeste-Sul do Brasil: Dinâmica Populacional das Espécies em exploração**. São Paulo: Instituto Oceanográfico — USP, 2005. — (Série documentos Revizee: Score Sul). 176p.
- COSTA, P.A.S., BRAGA, A.C., RUBINICH, J.P., ÁVILA-DA-SILVA, A.O., NETO, C.M. Age and growth of the snowy grouper, *Epinephelus niveatus*, off the Brazilian coast. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, p.1-9, 2011.
- DAVID, G.S., COSTA, P.A.S., FAGUNDES-NETTO, E.B., GAELZER, L. R., BRAGA, A.C. **Idade e crescimento do batata *Lopholatilus villarii* (Teleostei, Malacanthidae) na região central da ZEE, entre Salvador (BA) e o Cabo de São Tomé (RJ)**. In: COSTA, P.A.S.; MARTINS, A.S.; OLAVO, G. (Eds.) *Pesca e potenciais de exploração de recursos vivos na região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira*. Rio de Janeiro: Museu Nacional. p.217-230 (Série Livros n.13), 2005.
- DEI TOS, C., LUIZ CARLOS GOMES, L.C., AMBRÓSIO, A.M., GOULART, E. An overview of freshwater fish aging in South America: the science, biases and future directions. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v.32, n.4, p.323-333, 2010.
- DIAS-NETO, J. Pesca no Brasil e seus aspectos institucionais — um registro para o futuro. **Revista CEPISUL - Biodiversidade e Conservação Marinha**, v.1, n.1, p.66-80, 2010.
- DI-BENEDITTO, A.P.M., RAMOS, R.M.A., WILLE-LIMA, N.R. **Os golfinhos: origem, classificação, captura accidental, hábito alimentar**. Porto Alegre: Editora Cinco Continentes, 2001.
- DIEDHIU, M., FERREIRA, B.P., REZENDE, S.M. Idade e crescimento da guaiúba, *Lutjanus chrysurus* (Bloch, 1791), na costa nordeste do Brasil. **Arquivos Ciência do Mar**, v.37, p.39-52, 2004.

- DUARTE-NETO, P., LESSA, R., STOSIC, B., MORIZE, E.. The use of sagittal otoliths in discriminating stocks of common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) off northeastern Brazil using multishape descriptors. **ICES Journal of Marine Science**, v.65, p.1144–1152, 2008.
- EKAU, W., KNOPPERS, B. An introduction to the pelagic system of the North-East and East Brazilian shelf. **Archive of Fishery and Marine Research**, v.47, n.2/3, p.113–132, 1999.
- FOWLER, A.J. Validation of annual growth increments in the otoliths of a small, tropical coral reef fish. **Marine Ecology Progress Series**, v.64, p.25–38, 1990.
- FOWLER, A.J., S.E. CAMPANA, C.M. JONES, S.R. THORROLD. Experimental assessment of the effect of temperature and salinity on elemental composition of otoliths using laser ablation ICPMS. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.52, p.1431–1441, 1995.
- GARBINA, T., CASTELLO, J.P., KINAS, P.G. Age, growth, and mortality of the mullet *Mugil liza* in Brazil's southern and southeastern coastal regions. **Fisheries Research**, v.149, p.61–68, 2014.
- GRANDCOURT, E. M., AL ABDESSALAAM, T. Z., FRANCIS, F. Age, growth, mortality and reproduction of the blackspot snapper, *Lutjanus fulvivlamma* (Forsskal, 1775), in the southern Arabian Gulf. **Fisheries Research**, v.78, p.203–210, 2006.
- GREEN, B.S., MAPSTONE, B.D., CARLOS, G., BEGG, G.A. **Introduction to otoliths and fisheries in the tropics**. In Tropical Fish Otoliths: Information for Assessment, Managemen an Ecology, Green, B.S., Mapstone, B.D., Carlos, G. e Begg, G.A. (Eds). Pad...Springer. 2009.
- HAIMOVIĆ, M., REIS, E.G. Determinação de idade e crescimento da castanha *Umbrina canosai*, (Pisces, Sciaenidae) do sul do Brasil. **Atlântica**, v. 7, p.25–46, 1984.
- HAIMOVIĆ, M. (org.). 2011.Sistemas pesqueiros marinhos e estuarinos do Brasil: caracterização e análise da sustentabilidade. Rio Grande: Ed. da FURG. 104 p.
- ISELY, J. J.; GRABOWSKI, T. B. **Age and growth**. In: Guy, C. S.; Brown, M. L. (Ed.). Analysis and interpretation of freshwater fisheries data. Bethesda: American Fisheries Society, p. 187–228, 2007.
- KATSURAGAWA, M., EKAU, W. Distribution, growth and mortality of young rough scad, *Trachurus lathami*, in the south-eastern Brazilian Bight. **Journal Applied Ichthyology**, v.19, p.21–28, 2003.
- KRUG, L.C., HAIMOVIĆ, M. Idade e crescimento da enchova *Pomatomus saltatrix* o sul do Brasil. **Atlântica**, v.11, n.1, p.47–61, 1989.
- LARA, F.J.S. A study of the life history pf *Macrodon ancylodon* (Bloch & Schneider), a Sciaenid Fosh occurring on the coast of Southern Brazil. **A. Acad. Bras. Ci. Rio de Janeiro**, v.23, n.3, p.291–322, 1951.
- LEITE Jr, N.O.; MARTINS, A.S.; ARAÚJO, J.N. Idade e crescimento de peixes recifais na região central da Zona Econômica Exclusiva entre Salvador-BA e o Cabo de São Tomé-RJ (13°S a 22°S). In: COSTA, P.A.S.; MARTINS, A.S.; OLAVO, G. (Eds.) Pesca e potenciais de exploração de recursos vivos na região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira. Rio de Janeiro: Museu Nacional. p.203–216 (Série Livros n.13). 2005.
- LESSA, R., DUARTE-NETO, P., MORIZE E., MACIEL, R. Otolith microstructure analysis with OTC validation confirms age overestimation in Atlantic thread herring *Opisthonema oglinum* from north-eastern Brazil. **Journal of Fish Biology**, v.73, p.1690–1700, 2008.
- LESSA, R.P., NÓBREGA, M. F., BEZERRA JUNIOR, J. L. Recursos pesqueiros da região nordeste. In Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Dinâmica de Populações e Avaliação de Estoques dos Recursos Pesqueiros da Região Nordeste**. Recife: MMA. Volume II. (Programa REVIZEE-SCORE-NE). 2004.
- LIN, Y. J., TZENG, W. N. Validation of annulus in otolith and estimation of growth rate for Japanese eel *Anguilla japonica* in tropical southern Taiwan. **Environmental Biology of Fishes**, v.84, p.79–87, 2009.
- LOMBARTE, A., LLEONART, J. Otolith size changes related with body growth, habitat depth and temperature. **Environmental Biology of Fishes**. v.37: p.297–306, 1993.
- LONGHURST, A. R.; PAULY, D. **Ecology of Tropical Oceans**. San Diego: Academic Press, 407 p. 1987.
- LOWE-MCCONNELL, R.H. **Ecological Studies in Tropical Fish Communities**. Cambridge University Press, Cambridge, 382p. 1987.
- MARTINS, R.S., HAIMOVIĆ, M. Determinação de idade, crescimento e longevidade da abrótea de profundidade, *Urophycis cirrata*, Goode & Bean, 1896, (Teleostei: Phycidae) no extremo sul do Brasil. **Atlântica**, v.22, p.57–70, 2000.
- MEEKAN, M. G., WELLINGTON, G. M., AXE, L. El Nino-Southern Oscillation events produce checks in the otoliths of coral reef fishes in the Galapagos Archipelago. **Bulletin of Marine Science**, v.64, p.383–390, 1999.
- MEEKAN, M. G., ACKERMAN, J. L., WELLINGTON, G. M. Demography and age structures of coralreef damselfishes in the tropical eastern Pacific Ocean. **Marine Ecology Progress Series**, v.212, p.223–232, 2001.
- MIRANDA, L.V., HAIMOVIĆ, M. Changes in the population structure, growth and mortality of striped weakfish *Cynoscion guatucupa* (Sciaenidae, Teleostei) of southern Brazil between 1976 and 2002. **Hydrobiologia**, v.589, p.69–78, 2007.
- MOHR, E. W. 1994. Age determination in tropical fish. *Naga, The Iclarm Quarterly*, v. 17, n. 2, p. 27–30.
- MONTEIRO, L.R., DI BENEDITO, A.P.M., GUILLERMO, L.H., RIVERA, L.A. Allometric changes and shape differentiation of sagitta otoliths in sciaenid fishes. **Fisheries Research**, v. 74, n.1–3, p.288–299, 2005.
- MORALES-NIN, B., RALSTON, S. Age and growth of *Lutjanus kasmira* (Forsskal) in Hawaiian waters. **Journal of Fish Biology**, v.36, n.2, p.191–203, 1990.
- MORALES-NIN, B. Review of the growth regulation processes of otolith daily increment formation. **Fisheries Research**, v.46, p.53–67, 2000.
- MORALES-NIN, B., PANFILI, J. Seasonality in the deep and tropics revisited: what can otoliths tell us? **Marine and Freshwater Research**, v.56, p.585–598, 2005.
- MUNRO, J.L.(ed).Caribbean coral reef fishery resources. **ICLARM Stud Rev**, v.7, p.15–25, 1983.
- MURUA, H., KRAUS, G., SABORIDO-REY, F., WITTHAMES, P.R., THORSEN, A., JUNQUERA, S. Procedures to Estimate Fecundity of Marine Fish Species in Relation to their Reproductive Strategy. **Journal of Northwest Atlantic Fishery Science**, v.33, p.33–54, 2003.
- NEKRASOV, V.V. The causes of annulus formation in tropical fishes. **Hydrobiology Journal**, v.14, n.2, p.35–39, 1979.
- NEWMAN, S.J., STECKIS, R.A., EDMONDS, J.S., LLOYD, J. Stock structure of the goldband snapper *Pristipomoides multidens* (Pisces: Lutjanidae) from the waters of northern and western Australia by stable isotope ratio analysis of sagittal otolith carbonate. **Marine Ecology Progress Series**, v.198, p.239–247, 2000.
- NÓBREGA, M.F., LESSA, R.P. Age and growth of the king mackerel (*Scomberomorus cavalla*) off the northeastern coast of Brazil, **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 57, n.4, p.273–285, 2009a.
- NÓBREGA, M.F., LESSA, R.P. Age and growth of Spanish mackerel (*Scomberomorus brasiliensis*) off the northeastern coast of Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v.7, n.4, p.667–676, 2009b.
- NOMURA, H. Idade e crescimento da pescada-branca, *Cynoscion leiarchus* (Cuvier) das águas cearences. **Arquivos Est. Biologia Marinha**, v.6, n.2, p.135–137, 1966.
- OLIVEIRA, M.A., NOVELLI, R. Idade e crescimento do bagre *Genidens genidens* NA barra da lagoa do Açú, norte do Estado do Rio de Janeiro. *Tropical Oceanography*, v.33, n.1, p. 57–66, 2005.
- OLIVEIRA, M.R., CARVALHO, .M.M., SOUZA, A.L., MOLINA, W.F., YAMAMOTO, M.E., CHELLAPPA, S. Caracterização da produção do peixe-voador, *Hirundichthys affinis* em Caçara do Norte, Rio Grande do Norte, Brasil: durante 1993 a 2010. **Biota Amazônia**, v. 3, n.2, p.23–32, 2013.

- OXENFORD, H.A., HUNTE, W., DEANE, R., CAMPANA, S.E. Otolith age validation and growth-rate variation in flyinfinch (*Hirundichthys affinis*) from the eastern Caribbean. **Marin Biology**, v.118, p. 585-592, 1994.
- PAJUELO, J. G., LORENZO, J. M. The growth of the common two-banded seabream, *Diplodus vulgaris* (Teleostei, Sparidae), in Canarian waters, estimated by reading otoliths and back-calculation. **Journal Applied Ichthyology**, v.19, n.2, p.79-83, 2003.
- PANNELLA, G. Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns. **Science** (Wash., D.C.) v.173, p. 1124-112, 1971.
- PERES, M.B., HAIMOVICI, M. Age and growth of southwestern Atlantic wreckfish *Polyprion americanus*. **Fisheries Research**, v.66, p. 157-169, 2004.
- PITCHER, T.J., HART, P.J.B. **Fisheries Ecology**. Chapman and Hall, London, UK. ISBN 0-7099-2057-1. Reprinted 15 times as a paperback from 1983 to 2001.1982.
- PONTUAL, H., PANFILI, J., WRIGHT, P.J., TROADEC, H. General introduction. In '**Manual of Fish Sclerochronology**'. (Eds J. Panfili, H.D. Pontual, H. Troadec and P.J. Wright.) pp. 19-27. (Ifremer-IRD coedition: Brest, France), 2002.
- POPPER, A. N., RAMCHARITAR, J., CAMPANA, S. E. Why otoliths? Insights from inner ear physiology and fisheries biology. **Marine and Freshwater Research**, v.56, p.497-504, 2005.
- POPPER, A. N., FAY, R. R. Rethinking sound detection by fishes. **Hearing Research**, v.273, p.25-36, 2011.
- PREVIERO, M., MINTE-VERA, C.V., FREITAS, M.O., MOURA, R.L., DEI TOS, C. Age and growth of the dog snapper *Lutjanus jocu* (Bloch & Schneider, 1801) in Abrolhos Bank, Northeastern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v.9, n.2, p.393-401, 2011.
- REIS, E.G. Age and growth of the marine catfish, *Netuma barba* (Siluriformes, Ariidae), in the estuary of the Patos lagoon (Brasil). **Fishery Bulletin**, v.84, n.3, p.1-8, 1986.
- REZENDE, S.M. FERREIRA, B.P. Age, growth and mortality of dog snapper *Lutjanus jocu* (Bloch & Schneider, 1801) in the northeast coast of Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v.52, n.2, p.107-121, 2004.
- RICKER, W.E. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. **Bull. Fish. Res. Board Can.**, v.23, Suppl.1. 2, 382p, 1975.
- ROCHA, J., MILLIMAN, J.D., SANTANA, C.I., VICALVI, M.A. In: J.D. Milliman & C. Summerhayes (eds.). **Upper continental margin sedimentation off Brazil**. Contributions to Sedimentology 4, p.111-150, 1975.
- ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B., VAZZOLER, A.E.A.M., BRAGA, F.M.S. Estudos sobre estrutura, ciclo de vida e comportamento de *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879), na área entre 22°s e 28°s, Brasil, 1, Morfologia dos otólitos. **Boletim Instituto Oceanográfico**, v.31, n.2, p.57-76, 1982.
- SACCARDO, S.A., ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B., CERGOLE, M.C., BITTENCOURT, M.M. Age and growth of the southeastern brazilian sardine *Sardinella brasiliensis*, 1981 - 1983. **Boletim Instituto Oceanográfico**, v.36, n.2, p.17-35, 1988.
- SANTANA, F.M., MORIZE, E., CLAVIER, J., LESSA, L. Otolith micro- and macrostructure analysis to improve accuracy of growth parameter estimation for white mullet *Mugil curema*. **Aquatic Biology**, v.7, p.99-206, 2009.
- SANTANA, F.M., LESSA, L. Age and growth of the spotted goatfish, *Pseudupeneus maculatus* (Bloch, 1793) in Brazil, validated through marginal increment and oxytetracycline dyes in the sagittae. **Journal Applied Ichthyology**, v.22, p.132-137, 2006.
- SCHWAMBORN, S.H.L., FERREIRA, B.P. Age Structure and Growth of the Dusky Damselfish, *Stegastes fuscus*, From Tamandaré Reefs, Pernambuco, Brazil. **Environmental Biology of Fishes**, v.63, n.1, p.79-88, 2002.
- SEYBOTH, E. . CONDINI, M.V. , ALBUQUERQUE, C.Q., VARELA JR., A.S., VELASCO, G., VIEIRA, J.P., GARCIA, A.M. Age, growth, and reproductive aspects of the dusky grouper *Mycteroperca marginata* (Actinopterygii: Epinephelidae) in a man-made rocky habitat in southern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v.9, n.4, p.849-856, 2011.
- SHAMSAN, E.F., ANSARI, A. Study of age and growth of Indian sand whiting, *Sillago sihama* (Forsskal) from Zuari estuary, Goa. **Indian Journal of Marine Sciences**, v.39, n.1, p.68-73, 2010.
- SPONAUGLE, S. Otolith microstructure reveals ecological and oceanographic processes important to ecosystem-based management. **Environmental Biology Fishes**, v.89, n.3-4, p.221-238, 2010.
- STURROCK, A. M. TRUEMAN, C. N., DARNAUDE A. M., HUNTER, E. Can otolith elemental chemistry retrospectively track migrations in fully marine fishes? **Journal of Fish Biology**, v.81, p.766-795, 2012.
- SZPILMAN, M. **Peixes marinhos do Brasil: guia prático de identificação**. Rio de Janeiro. 288p, 2000.
- VAZZOLLER, G. **A pesca marítima no Brasil**. In: Brian J. Rothschild (ed.) A pesca, seus recursos e interesses nacionais. p. 283-297. Instituição Brasileira de Difusão Cultural S.A. São Paulo. 305p, 1975.
- VAZ-DOS-SANTOS, A.M., ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B. Age and growth of the Argentine hake *Merluccius hubbsi* Marini, 1933 in the Brazilian South-Southeast Region during 1996-2001. **Neotropical Ichthyology**, v.5, n.3, p.375-386, 2007.
- VAZZOLLER, A. E. A. M., ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B., BRAGA, F.M.S.. Estudos sobre estrutura, ciclo de vida e comportamento de *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879), na área entre 22°s e 28°s, Brasil.2. Determinação da idade individual e crescimento dos otólitos. **Boletim Instituto Oceanográfico**, v.31, n.2, p.77-84, 1982.
- VIEIRA, P.C., HAIMOVICI, M. **Idade e crescimento da pescada-olhuda *Cynoscion striatus* (Pisces, Scianidae) no sul do Brasil. Atlântica**, v.15, p.73-91, 1993.
- XIMENES, M.O.C., MENEZES, M.F., FONTELES-FILHO, A.A. Idade e crescimento da cavala, *Scomberomorus cavala* (Cuvier) no Estado do Ceará (Brasil). **Arquivos Ciência do Mar**, v.18, n.1/2, p.73-81, 1978.
- XIMENES, M.O.C. Idade e crescimento da serra, *Scomberomorus brasiliensis*, no Estado do Ceará (Brasil). **Arquivos Ciência do Mar**, v.21, n.1/2, p.47-54, 1981.
- YAMAGUTI, N., SANTOS, E.P. Crescimento da pescada-foguete (*Macrodon ancylodon*): aspecto quantitativo. **Boletim Instituto Oceanográfico**, v.15, n.1, p.75-78, 1966.